

11)

MÜLLER · HOFFMANN & PARTNER

PATENTANWÄLTE

Müller · Hoffmann & Partner - P.O. Box 80 12 20 - D-81612 München

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

80297 München

European Patent Attorneys
European Trademark Attorneys

Dipl.-Ing. Frithjof E. Müller
Dr.-Ing. Jörg Peter Hoffmann
Dipl.-Ing. Dieter Kottmann
Dr. Bojan Savic, Dipl.-Chem.

Innere Wiener Strasse 17
D-81667 München

Telefon (ISDN): (089) 48 90 10 - 0
Telefax (Group 3): (089) 48 90 10-44
Telefax (Group 3): (089) 48 90 10-33
E-Mail: mail@mh-patent.de
Internet: www.mh-patent.de
AG München PR 314

Deutsche Patentanmeldung 102 48 736.7-54
Anmelder: LITEF GmbH
Unsere Akte: 53.971

16.03.2004
Mü/My/gr

Auf den Prüfungsbescheid vom 25. November 2003

1. In der Anlage werden die folgenden Unterlagen eingereicht:

- 2 x neue Patentansprüche 1 und 6;
- 2 x neue Beschreibungsseiten 2, 5, 5a und 7.

2. Das Prüfungsverfahren soll mit den folgenden Unterlagen fortgeführt bzw. abgeschlossen werden:

- neue Patentansprüche 1 und 6 gemäß Anlage;
- Patentansprüche 2 bis 5 sowie 7 und 8 gemäß unserem Schreiben vom 27.10.2003;
- neue Beschreibungsseite 2 gemäß Anlage;
- ursprüngliche Beschreibungsseiten 3 und 4;
- neue Beschreibungsseiten 5 und 5a gemäß Anlage;
- Beschreibungsseite 6 gemäß unserem Schreiben vom 27.10.2003;
- neue Beschreibungsseite 7 gemäß Anlage;
- Beschreibungsseite 8 gemäß unserem Schreiben vom 27.10.2003;
- ursprüngliche Beschreibungsseiten 9 bis 12;
- ursprüngliche Figurenblätter 1/4 bis 4/4 mit Figuren 1 bis 6.

3. In die unabhängigen Patentansprüche 1 und 6 wurde jeweils das Merkmal aufgenommen, das der Nullpunktfehler durch eine unerwünscht erfolgende Anregung der Ausleseschwingung während der Anregung der Anregungsschwingung gegeben ist.

Diese Formulierung ersetzt das bisherige Merkmal „... durch Überkopplung von Anregungsschwingung auf Ausleseschwingung bewirkten Nullpunktfehlers ...“. Zur diesbezüglichen Offenbarung siehe ursprüngliche Beschreibungsseite 5, zweiter Absatz sowie ursprüngliche Beschreibungsseite 6, erster Absatz.

Die Beschreibung wurde an die in der Anlage eingereichten neuen Patentansprüche 1 und 6 angepasst.

4. Es wird gebeten, auf den Gegenstand der oben unter Ziffer 2 genannten Unterlagen ein Patent zu erteilen.

5. Sollte die Prüfungsstelle wider Erwarten nicht oder noch nicht mit den eingereichten Unterlagen einverstanden sein, so wird um einen weiteren schriftlichen Bescheid bzw. um eine entsprechende fernmündliche Äußerung gebeten. Hilfsweise wird eine Anhörung beantragt.



Frithjof E. Müller
European Patent Attorney
- Association No. 152 -

Anlagen

2 x neue Patentansprüche 1 und 6
2 x neue Beschreibungsseiten 2, 5, 5a und 7

Neue Patentansprüche 1 und 6

- 1 1. Verfahren zur Ermittlung eines Nullpunktfehlers eines Corioliskreisels (1')
in Closed-Loop-Ausführung, der durch eine unerwünscht erfolgende Anregung
der Ausleseschwingung während der Anregung der Anregungsschwingung gege-
ben ist, bei dem
 - 5 - der Resonator (2) des Corioliskreisels (1') durch eine Störkraft so beauf-
schlagt wird, dass eine Änderung der Anregungsschwingung des Resonators (2)
bewirkt wird, wobei die Störkraft eine Störfrequenz aufweist, deren Periode we-
sentlich kleiner als eine Zeitkonstante der Anregungsschwingung, jedoch in der
Größenordnung oder größer als eine Zeitkonstante des Corioliskreisels ist, und
 - 10 - eine Änderung der Ausleseschwingung des Resonators (2), die durch eine
Teilkomponente der Störkraft erzeugt wird, als Maß für den Nullpunktfehler aus
einem die Ausleseschwingung des Resonators (2) repräsentierenden Auslese-
signal extrahiert wird.
- 15 6. Corioliskreisel (1') in Closed-Loop-Ausführung, **gekennzeichnet durch**
eine Einrichtung zur Bestimmung eines Nullpunktfehlers des Corioliskreisels,
der durch eine unerwünscht erfolgende Anregung der Ausleseschwingung bei
Anregung der Anregungsschwingung gegeben ist (1'), mit:
 - einer Störeinheit (26), die den Resonator (2) des Corioliskreisels (1') mit
 - 20 einer Störkraft so beaufschlagt, dass die Anregungsschwingung des Resonators
(2) moduliert wird, wobei
 - die Störkraft eine Störfrequenz aufweist, deren Periode wesentlich kleiner als
eine Zeitkonstante der Anregungsschwingung, jedoch in der Größenordnung
oder größer als eine Zeitkonstante des Corioliskreisels ist,
 - 25 - einer Störsignal-Detektiereinheit (27), die einen Störanteil, der in einem
die Ausleseschwingung repräsentierenden Auslesesignal enthalten ist und durch
eine Teilkomponente der Störkraft erzeugt wurde, als Maß für den Nullpunktfeh-
ler ermittelt.

Beschreibung

- 1 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung eines Nullpunktfehlers eines Closed-Loop-Corioliskreisels, der durch eine unerwünscht erfolgende Anregung der Ausleseschwingung während der Anregung der Anregungsschwingung gegeben ist.
- 5 Corioliskreisel (auch Vibrationskreisel genannt) werden in zunehmendem Umfang zu Navigationszwecken eingesetzt; sie weisen ein Massensystem auf, das in Schwingungen versetzt wird. Diese Schwingung ist in der Regel eine Überlagerung einer Vielzahl von Einzelschwingungen. Diese Einzelschwingungen des
- 10 Massensystems sind zunächst voneinander unabhängig und lassen sich jeweils abstrakt als "Resonatoren" auffassen. Zum Betrieb eines Vibrationskreisels sind wenigstens zwei Resonatoren erforderlich: einer dieser Resonatoren (erster Resonator) wird künstlich zu Schwingungen angeregt, die im Folgenden als "Anregungsschwingung" bezeichnet wird. Der andere Resonator (zweiter Resonator)
- 15 wird nur dann zu Schwingungen angeregt, wenn der Vibrationskreisel bewegt/gedreht wird. In diesem Fall treten nämlich Corioliskräfte auf, die den ersten Resonator mit dem zweiten Resonator koppeln, der Anregungsschwingung des ersten Resonators Energie entnehmen und diese auf die Ausleseschwingung des zweiten Resonators übertragen. Die Schwingung des zweiten Resonators wird im
- 20 Folgenden als "Ausleseschwingung" bezeichnet. Um Bewegungen (insbesondere Drehungen) des Corioliskreisels zu ermitteln, wird die Ausleseschwingung abgegriffen und ein entsprechendes Auslesesignal (z. B. das Ausleseschwingungs-Abgriffsignal) daraufhin untersucht, ob Änderungen in der Amplitude der Ausleseschwingung, die ein Maß für die Drehung des Corioliskreisels darstellen, aufgetreten sind. Corioliskreisel können sowohl als Open-Loop-System als auch als
- 25 Closed-Loop-System realisiert werden. In einem Closed-Loop-System wird über jeweilige Regelkreise die Amplitude der Ausleseschwingung fortlaufend auf einen festen Wert – vorzugsweise null – rückgestellt.
- 30 Im Folgenden wird zur weiteren Verdeutlichung der Funktionsweise eines Corioliskreisels unter Bezugnahme auf Figur 2 ein Beispiel eines Corioliskreisels in Closed-Loop-Ausführung beschrieben.

- Ein solcher Corioliskreisel 1 weist ein in Schwingungen versetzbares Massensystem 2 auf, das im Folgenden auch als "Resonator" bezeichnet wird. Diese Bezeichnung ist zu unterscheiden von den oben erwähnten "abstrakten" Resonato-
- 35

- 1 Frequenz ω_1 der Anregungsschwingung ist. Im Fall der Doppelresonanz beinhaltet das Ausgangssignal des vierten Tiefpassfilters 20 entsprechende Information über die Drehrate, im nichtdoppelresonanten Fall dagegen das Ausgangssignal des dritten Tiefpassfilters 16. Um zwischen den unterschiedlichen Betriebsarten
5 doppelresonant/nichtdoppelresonant umzuschalten, ist ein Doppelschalter 25 vorgesehen, der die Ausgänge des dritten und vierten Tiefpassfilters 16, 20 wahlweise mit dem Drehratenregler 21 und dem Quadraturregler 17 verbindet.

- Aufgrund unvermeidbarer Fertigungstoleranzen lässt es sich nicht vermeiden,
10 dass das Kraftgebersystem, das den ersten Resonator (Anregungsschwingung) anregt, auch den zweiten Resonator (Ausleseschwingung) leicht anregt. Das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal setzt sich also aus einem Teil, der durch Corioliskräfte hervorgerufen wird, und einem Teil, der unerwünscht durch Fertigungstoleranzen hervorgerufen wird, zusammen. Der unerwünschte Teil verursacht einen Nullpunktfehler des Corioliskreisels, dessen Größe jedoch nicht be-
15 kannt ist, da beim Abgreifen des Ausleseschwingungs-Abgriffssignals nicht zwischen diesen beiden Teilen differenziert werden kann.

- Offenlegungsschrift DE 199 39 998 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Erzeugung von
20 Vorspannungen für die Elektroden eines Drehratensensors. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit des Drehratensensors werden mittels einer Vorspannungserzeugungsanordnung Vorspannungen erzeugt, die an die Elektroden des Resonators angelegt werden. Dadurch wird eine Neigung des Resonators bewirkt. Diese Neigung wird so geregelt, dass der Quadraturanteil im Auslesesignal verschwindet.
25 det.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe ist es, ein Verfahren bereit zu stellen, mit dem der oben beschriebene Nullpunktfehler bestimmt werden kann.

- 30 Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Ferner stellt die Erfindung einen Corioliskreisels gemäß Patentanspruch 7 bereit. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens finden sich in jeweiligen Unteransprüchen.
- 35 Erfindungsgemäß wird bei einem Verfahren zur Ermittlung eines Nullpunktfehlers eines Corioliskreisels in Closed-Loop-Ausführung, der durch eine unerwünscht erfolgende Anregung der Ausleseschwingung während der Anregung der

1 Anregungsschwingung gegeben ist, der Resonator des Corioliskreisels durch eine Störkraft so beaufschlagt, dass eine Änderung der Anregungsschwingung des Resonators bewirkt wird, wobei

- die Störfrequenz des Störsignals/der Störkraft eine Periode aufweist, die
5 wesentlich kleiner als eine Zeitkonstante der Anregungsschwingung, jedoch in der Größenordnung oder größer als eine Zeitkonstante des Corioliskreisels ist, und eine Änderung der Ausleseschwingung des Resonators durch eine Teilkomponente der Störkraft als Maß für den Nullpunktfehler aus einem die Ausleseschwingung des Resonators repräsentierenden Auslesesignal extrahiert wird.

10

Unter "Resonator" wird hierbei das gesamte in Schwingung versetzbare Massensystem des Corioliskreisels verstanden, also mit Bezug auf Fig. 2 der mit Bezugsziffer 2 gekennzeichnete Teil des Corioliskreisels.

15

20

25

30

35

- 1 Eine Kompensation des Nullpunktfehlers lässt sich auf folgende Art und Weise erreichen: Es wird eine Linearkombination aus einem geregelten Teil eines Wechselsignals, das die Anregungsschwingung erzeugt, vorzugsweise einschließlich des Störsignals, und einem Wechselsignal, das eine Rückstellung der Ausleseschwingung bewirkt, gebildet und auf einen Drehratenregelkreis/Quadraturregelkreis des Corioliskreisels gegeben. Der geregelte Teil wird hierbei so geregelt, dass die aus dem Auslesesignal ermittelte Änderung der Ausleseschwingung durch die Modulation (d. h. der Störanteil) möglichst klein wird.
- 5
- 10 Der Störanteil kann beispielsweise direkt aus dem Ausleseschwings-Abgriffsignal ermittelt werden. Der Begriff "Auslesesignal" beinhaltet dieses Signal sowie das Signal, das an einem Quadraturregler eines Quadraturregelkreises anliegt oder von diesem ausgegeben wird, bzw. das Signal, das an einem Drehratenregler eines Drehratenregelkreises anliegt oder von diesem ausgegeben wird.
- 15

- Die Erfindung stellt weiterhin einen Corioliskreisels in Closed-Loop-Ausführung bereit, der gekennzeichnet ist durch eine Einrichtung zur Bestimmung eines Nullpunktfehlers des Corioliskreisels, der durch eine unerwünscht erfolgende
- 20 Anregung der Ausleseschwingung während der Anregung der Anregungsschwingung gegeben ist. Die Einrichtung weist auf:
- eine Störeinheit, die den Resonator des Corioliskreisels mit einer Störkraft so beaufschlagt, dass die Anregungsschwingung des Resonators moduliert wird, wobei
 - 25 - die Störfrequenz des Störsignals/der Störkraft eine Periode aufweist, die wesentlich kleiner als eine Zeitkonstante der Anregungsschwingung, jedoch in der Größenordnung oder größer als eine Zeitkonstante des Corioliskreisels ist,
 - eine Störsignal-Detektiereinheit, die einen Störanteil, der in einem die Ausleseschwingung repräsentierenden Auslesesignal enthalten ist und durch
 - 30 eine Teilkomponente der Störkraft erzeugt wurde, als Maß für den Nullpunktfehler ermittelt.

- Wenn die Störkraft durch eine Wechselkraft mit einer bestimmten Störfrequenz gegeben ist, weist die Störsignal-Detektiereinheit eine Demodulationseinheit
- 35 auf, mit der das Auslesesignal einem Demodulationsprozess (synchrone Demodulation mit der Störfrequenz) unterzogen wird. Auf diese Weise wird aus dem Auslesesignal der Störanteil ermittelt. Alternativ kann bandbegrenztes Rauschen als Störsignal Verwendung finden.

Letter from Müller Hoffmann & Partner
To the: German Patent & Trademark Office, 80297 Munich
Dated March 16, 2004, Ref.: Mü/My/gr

5 German Patent Application No. 102 48 736.7-54
Applicant: LITEF GmbH
Our Ref.: 53.971

10 With regard to the examination decision dated November
25, 2003

1. Please find the following documents attached:

- 2 new patent claims 1 and 6;
- 2 new description pages 2, 5, 5a and 7.

15

2. The examination proceedings should be continued or
completed with the following documents:

- new patent claims 1 and 6 in accordance with
the attachment;
- 20 - patent claims 2 to 5 as well as 7 and 8 in
accordance with our letter dated October 27,
2003;
- new description page 2 in accordance with the
attachment;
- 25 - original description pages 3 and 4;
- new description pages 5 and 5a in accordance
with the attachment;
- description page 6 in accordance with our
letter dated October 27, 2003;
- 30 - new description page 7 in accordance with the
attachment;
- description page 8 in accordance with our
letter dated October 27, 2003;
- original description pages 9 to 12;
- 35 - original figure sheets 1/4 and 4/4 with Figures
1 to 6.

3. The feature of the zero-point error resulting from undesirable stimulation of the read oscillation during stimulation of the stimulation oscillation has been included in each of the independent patent claims 1 and 6.

This wording replaces the previous feature "... zero-point error produced by coupling of the stimulation oscillation to the read oscillation...". With regard to the disclosure relating to this, see the original description page 5, second paragraph as well as the original description page 6, first paragraph.

The description has been matched to the new patent claims 1 and 6, as submitted in the attachment.

4. It is requested that a patent be granted on the basis of the subject matter of the documents mentioned in paragraph 2 above.

5. If the Examination Department do not expect agreement, or do not yet expect agreement, with the submitted documents, then a further written decision or an appropriate oral hearing is requested. A secondary application is made for a hearing.

[signed]

Frithjof E. Müller
European Patent Attorney
- Association No. 152 -

Attachments:

2 new patent claims 1 and 6
2 new description pages 2, 5, 5a and 7

March 16, 2004

Müller Hoffman & Partner

LITEF GmbH German Patent Application 10248736.7

53971

- 15 -

New Patent Claims 1 and 6

1. A method for determining a zero-point error for a closed-loop version of a Coriolis gyro (1') which results from undesirable stimulation of the read oscillation during the stimulation of the stimulation oscillation, in which;

- the resonator (2) of the Coriolis gyro (1') has a disturbance force applied to it such that a change in the stimulation oscillation of the resonator (2) is brought about with the disturbance force having a disturbance frequency whose period is substantially shorter than the time constant of the stimulation oscillation, but is of the same order of magnitude as or greater than the time constant of the Coriolis gyro, and

- a change in the read oscillation of the resonator (2), which is produced by a partial component of the disturbance force, is extracted from a read signal which represents the read oscillation of the resonator (2) as a measure of the zero-point error.

6. A closed-loop embodiment of a Coriolis gyro (1'), **characterized by** a device for determining a zero-point error for the Coriolis gyro, which results from undesirable stimulation of the read oscillation during stimulation of the stimulation oscillation (1'), having:

- a disturbance unit (26) which applies a disturbance force to the resonator (2) of the Coriolis gyro (1') such that the stimulation oscillation of the resonator (2) is modulated, with

- the disturbance force having a disturbance frequency whose period is substantially shorter than the time constant of the stimulation oscillation, but is of the same order of magnitude as or greater than the time constant of the Coriolis gyro,

- 16 -

- a disturbance signal detection unit (27), which determines a disturbance component which is contained in a read signal (which represents the read oscillation) and has been produced by a partial
5 component of the disturbance force, as a measure of the zero-point error.

Description

The invention relates to a method for determining a zero-point error for a closed-loop Coriolis gyro, which results from undesirable stimulation of the read oscillation during the stimulation of the stimulation oscillation.

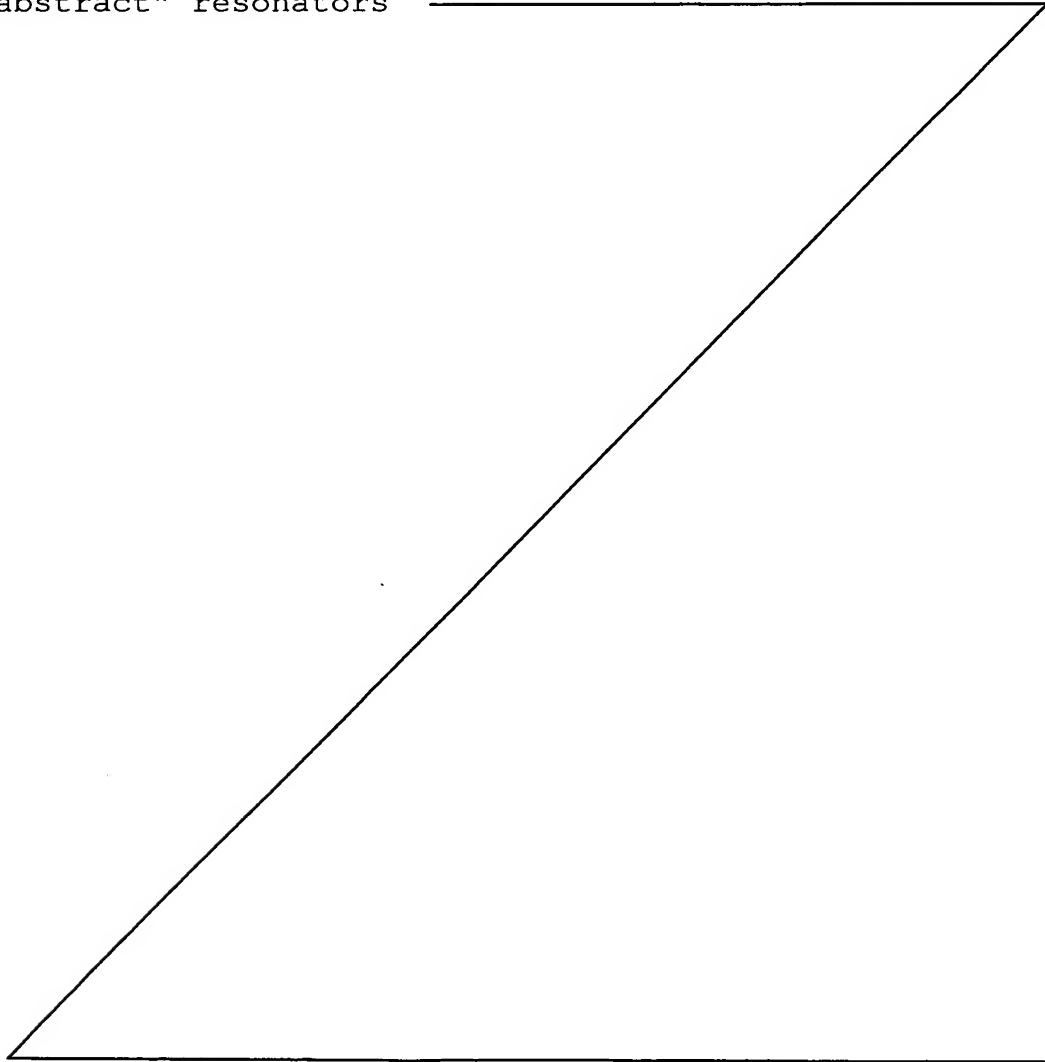
Coriolis gyros, (which are also referred to as vibration gyros) are being used to an increasing extent for navigation purposes; they have a mass system which is caused to oscillate. This oscillation is generally a superimposition of a large number of individual oscillations. These individual oscillations of the mass system are initially independent of one another and can each be regarded in an abstract form as "resonators". At least two resonators are required for operation of a vibration gyro: one of these resonators (first resonator) is artificially stimulated to oscillate, with these oscillations being referred to in the following text as a "stimulation oscillation". The other resonator (the second resonator) is stimulated to oscillate only when the vibration gyro is moved/rotated. Specifically, Coriolis forces occur in this case which couple the first resonator to the second resonator, draw energy from the stimulation oscillation of the first resonator, and transfer this energy to the read oscillation of the second resonator. The oscillation of the second resonator is referred to in the following text as the "read oscillation". In order to determine movements (in particular rotations) of the Coriolis gyro, the read oscillation is tapped off and a corresponding read signal (for example the tapped-off read oscillation signal) is investigated to determine whether any changes have occurred in the amplitude of the read oscillation which represent a measure for the rotation of the Coriolis gyro. Coriolis

- 2 -

gyros may be in the form of both an open loop system and a closed loop system. In a closed loop system, the amplitude of the read oscillation is continuously reset to a fixed value - preferably zero - via respective
5 control loops.

In order to further illustrate the method of operation of a Coriolis gyro, one example of a closed loop version of a Coriolis gyro will be described in the
10 following text, with reference to Figure 2.

A Coriolis gyro 1 such as this has a mass system 2 which can be caused to oscillate and which is also referred to in the following text as a "resonator".
15 This expression must be distinguished from the "abstract" resonators



_____ differs from the frequency 1 of the stimulation oscillation. In the case of double-resonance, the output signal from the
5 fourth low-pass filter 20 contains corresponding information about the rotation rate, while, when it is not operated in a double-resonant form, on the other hand, it is the output signal from the third low-pass filter 16. In order to switch between the different
10 double-resonant/not double-resonant modes, a doubling switch 25 is provided, which connects the outputs of the third and fourth low-pass filters 16, 20 selectively to the rotation rate regulator 21 and to the quadrature regulator 17.

15 Unavoidable manufacturing tolerances mean that it is not possible to avoid the force transmitter system which stimulates the first resonator (stimulation oscillation) also slightly stimulating the second resonator (read oscillation). The tapped-off read oscillation signal is
20 thus composed of a part which is caused by Coriolis forces and a part which is undesirably caused by manufacturing tolerances. The undesirable part results in the Coriolis gyro having a zero-point error whose magnitude is,
25 however, unknown, since it is not possible to distinguish between these two parts when tapping off the tapped-off read oscillation signal.

Laid-open patent specification DE 199 39 998 A1
30 discloses a device for producing bias voltages for the electrodes of a rotation rate sensor. In order to increase the measurement accuracy of the rotation rate sensor, bias voltages are produced by means of a bias voltage production arrangement, and are applied to the
35 electrodes of the resonator. This causes the resonator to tilt. This tilting is controlled such that the quadrature component in the read signal disappears.

The object on which the invention is based is to provide a method by means of which the zero-point error described above can be determined.

5

This object is achieved by the method as claimed in the features of patent claim 1. The invention furthermore provides a Coriolis gyro as claimed in patent claim 7. Advantageous refinements and developments of the idea of the invention can be found in the respective dependent claims.

10

According to the invention, in the case of a method for determining a zero-point error of a closed-loop version of a Coriolis gyro, which results from undesirable stimulation of the read oscillation during the stimulation of the stimulation oscillation, the resonator of the Coriolis gyro has a disturbance force applied to it, so as to produce a change in the stimulation oscillation of the resonator, with

15

20

- the disturbance frequency of the disturbance signal/disturbance force having a period which is substantially shorter than the time constant of the stimulation oscillation, but is of the same order of magnitude as or greater than the time constant of the Coriolis gyro, and a change in the read oscillation of the resonator by a partial component of the disturbance force is extracted as a measure of the zero-point error from a read signal which represents the read oscillation of the resonator.

25

30

In this case, the wording "resonator" means the entire mass system which can be caused to oscillate in the Coriolis gyro, that is to say, with reference to figure 2, that part of the Coriolis gyro which is annotated with the reference number 2.

35

5

10

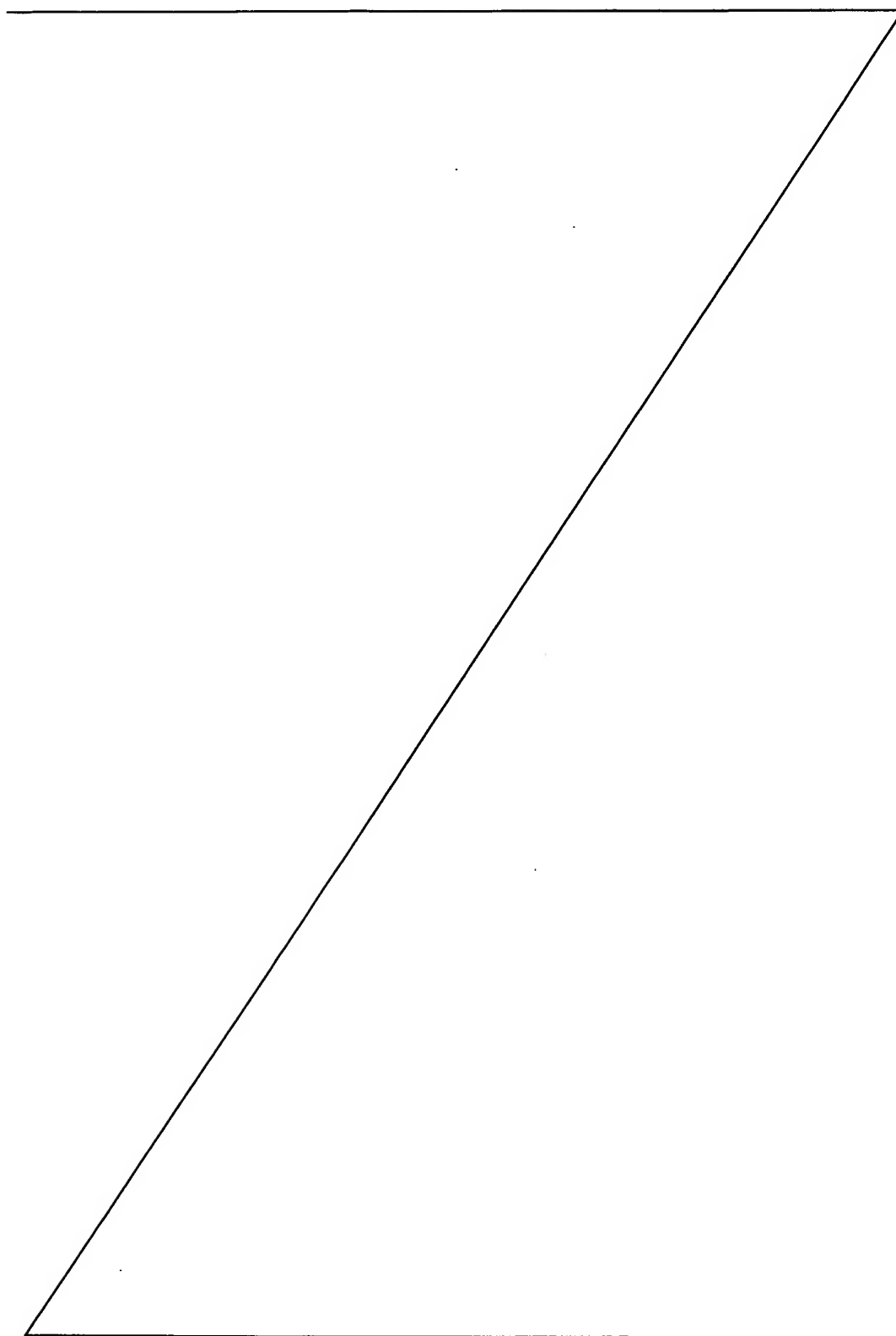
15

20

25

30

35



- 8 -

The zero-point error can be compensated for as follows:
a linear combination is formed of a controlled part of
an alternating signal, which produces the stimulation
oscillation, preferably including the disturbance
5 signal, and an alternating signal which results in the
read oscillation being reset, and this is passed to a
rotation rate control loop/quadrature control loop for
the Coriolis gyro. The controlled part is in this case
controlled such that the change in the read oscillation,
10 as determined from the read signal, becomes as small as
possible as a result of the modulation (that is to say the
disturbance component).

The disturbance component may, for example, be determined
15 directly from the tapped-off read oscillation signal. The
expression "read signal" covers this signal as well as the
signal which is applied to a quadrature regulator in a
quadrature control loop, or is emitted from it, and the
signal which is applied to a rotation rate regulator in a
20 rotation rate control loop, or is emitted from it.

The invention also provides a closed-loop version of a
Coriolis gyro, which is characterized by a device for
determining a zero-point error of the Coriolis gyro, which
25 results from undesirable stimulation of the read
oscillation during the stimulation of the stimulation
oscillation. The device has:

- a disturbance unit which applies a disturbance force
to the resonator of the Coriolis gyro such that the
30 stimulation oscillation of the resonator is modulated,
- the disturbance frequency of the disturbance
signal/the disturbance force has a period which is
considerably shorter than the time constant of the
stimulation oscillation, which is of the same order of
35 magnitude as or is greater than the time constant of the
Coriolis gyro,

- 9 -

- a disturbance signal detection unit, which determines a disturbance component which is contained in a read signal (which represents the read oscillation) and has been produced by a partial component of the disturbance force, as a measure of the zero-point error.

5

If the disturbance force results from an alternating force at a specific disturbance frequency, the disturbance signal detection unit has a demodulation unit by means of which the read signal is subjected to a demodulation process (a synchronous demodulation at the disturbance frequency). This results in the disturbance component being determined from the read signal. Alternatively, band-limited noise may be used as the disturbance signal.

10